

中图分类号: R932; R284.1; R286.0
doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2023.11.008

文献标志码: A

文章编号: 1006-4931(2023)11-0039-05



大接骨丹叶醇提物高效液相色谱指纹图谱研究*

张秋瑾¹, 王志华¹, 韩忠耀², 杜娟¹, 杨金凤^{1△}

(1. 桂林医学院, 广西 桂林 541199; 2. 黔南民族医学高等专科学校, 贵州 都匀 558000)

摘要:目的 建立大接骨丹叶醇提物的高效液相色谱(HPLC)指纹图谱。方法 用70%乙醇提取大接骨丹叶中的成分,采用HPLC法测定,色谱柱为Agela Promosil[®] C₁₈柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μm),流动相为0.2%磷酸溶液-乙腈(梯度洗脱),流速为1.0 mL/min,检测波长为210 nm,柱温为35℃,进样量为10 μL。以金丝桃苷为参照峰,绘制10批样品的HPLC指纹图谱,采用中药色谱指纹图谱相似度评价系统2004A版进行相似度评价,确定共有峰,并采用SPSS 18.0统计软件进行聚类分析和主成分分析。结果 建立了10批样品醇提物的HPLC指纹图谱,确定了11个共有峰,指认了金丝桃苷峰和异槲皮苷峰,10批样品醇提物相似度为0.980~0.999。聚类分析结果显示,10批样品醇提物可聚为2类,其中S1单独聚为一类,S2-S10聚为第二类。主成分分析结果显示,共得到2个主成分,方差贡献率分别为63.533%和23.141%,累计方差贡献率达86.674%。结论 所建立的HPLC指纹图谱及聚类分析和主成分分析方法简便、稳定、可靠、科学,可用于大接骨丹叶醇提物及相关产品的质量控制与评价。

关键词:大接骨丹叶;乙醇提取物;指纹图谱;高效液相色谱法;主成分分析;聚类分析

HPLC Fingerprint of the Ethanol Extract from *Toricelliae Intermediae Folium*

ZHANG Qiujin¹, WANG Zhihua¹, HAN Zhongyao², DU Juan¹, YANG Jinfeng¹

(1. Guilin Medical University, Guilin, Guangxi, China 541199; 2. Qiannan Medical College for Nationalities, Duyun, Guizhou, China 558000)

Abstract: Objective To establish a high-performance liquid chromatography (HPLC) fingerprint of the ethanol extract of *Toricelliae Intermediae Folium*. **Methods** 70% ethanol was used to extract the components from *Toricelliae Intermediae Folium*. HPLC method was used for determination, the chromatographic column was Agela Promosil[®] C₁₈ column (250 mm × 4.6 mm, 5 μm), the mobile phase was 0.2% phosphoric acid solution - acetonitrile (gradient elution), the flow rate was 1.0 mL/min, the detection wavelength was 210 nm, the column temperature was 35℃, and the injection volume was 10 μL. With hyperin as the reference peak, the HPLC fingerprints of 10 batches of samples were drawn, and the Similarity Evaluation System for Chromatographic Fingerprint of Traditional Chinese Medicine (Version 2004A) was used to evaluate the similarity and identify the common peak. SPSS 18.0 statistical software was used for cluster analysis and principal component analysis. **Results** HPLC fingerprints of ethanol extract from 10 batches of samples were established, 11 common peaks were identified, and hyperoside and isoquercitrin peaks were identified. The similarity of ethanol extract from 10 batches of samples was in the range of 0.980 - 0.999. The results of cluster analysis showed that the ethanol extract from 10 batches of samples can be clustered into two categories, with S1 being clustered into one category alone and S2 - S10 being clustered into the second category. The results of the principal component analysis showed that two principal components were obtained. The variance contribution rates of the two principal components were 63.533% and 23.141%, respectively, and the cumulative variance contribution rate was 86.674%. **Conclusion** The established HPLC fingerprint, cluster analysis, and principal component analysis methods are simple, stable, reliable, and scientific, which can be used for quality control and evaluation of the ethanol extract and related products of *Toricelliae Intermediae Folium*.

Key words: *Toricelliae Intermediae Folium*; ethanol extract; fingerprint; HPLC; principal component analysis; cluster analysis

大接骨丹叶为山茱萸科植物有齿鞘柄木 *Toricellia angulata* Oliv. var. *intermedia* (Harms) Hu 的干燥叶,又称水冬瓜叶,药用部位为根皮^[1-2]。中华本草记载,有齿鞘柄木用药部位为根、根皮、树皮及叶^[3],贵州少数民族聚集地、民间及民族医疗机构有习用叶的用药习惯^[4-5],提示其具有一定的药用研发价值。当前,有关有齿鞘柄木的研究多集中在指纹图谱^[6-8]、成分^[9-12]、谱

效关系^[13]、免疫调节活性^[14]、工艺考察^[15]、近红外快速质量控制方法开发研究^[16-18]、抗炎镇痛作用^[19]、生药学鉴定^[20]等方面。研究结果显示,大接骨丹叶具有抗炎镇痛活性^[13],民间常用于治疗摔伤、续筋接骨^[4]等。大接骨丹叶含有金丝桃苷、异槲皮苷、琥珀酸甲酯、Torriangulate A 等成分,而金丝桃苷、异槲皮苷为其指标性成分,常用于质量控制^[5,13]。但当前尚无关于大接骨丹叶

* 基金项目:国家自然科学基金[82060034];广西科技计划项目[桂科AD20238071];广西自然科学基金[2020GXNSFBA297004]。

第一作者:张秋瑾,女,硕士研究生,讲师,研究方向为临床肿瘤免疫学及药理学,(电子信箱)zhangqj525@163.com。

△通信作者:杨金凤,女,博士研究生,副教授,研究方向为临床肿瘤免疫学及药理学,(电子信箱)hmuyangjf@126.com。

醇提取物高效液相色谱(HPLC)指纹图谱的构建及聚类分析和主成分分析的研究报道。本研究中采用HPLC法建立了10批次大接骨丹叶70%乙醇提取物的指纹图谱,采用SPSS 18.0统计学软件进行聚类分析,并对共有峰进行主成分分析,以评价大接骨丹叶醇提取物HPLC指纹图谱筛选的共有峰所代表成分的科学性,旨在为大接骨丹叶及相关产品的质量控制在质量评价,以及后期的综合开发利用提供试验依据。现报道如下。

1 仪器与试剂

1.1 仪器

Agilent 1260型高效液相色谱仪(美国Agilent公司);HH-8型数显恒温水浴锅(江苏科析仪器有限公司);PX125DZH型电子天平(成都川弘科生物技术有限公司,精度为十万分之一);KQ3200型超声仪(昆山市超声仪器有限公司,功率为500 W,频率为40 kHz);RE-3000A型旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂);SHZ-D(Ⅲ)型循环真空泵(巩义市予华仪器有限责任公司);WK-1000A型高速粉碎机(潍坊市北方制药设备制造有限公司)。

1.2 试剂

大接骨丹叶(编号为S1-S10)采自贵州省黔南布依族苗族自治州都匀市大坪镇和都匀经济开发区杉木湖,经黔南民族医学高等专科学校李燕副教授鉴定均为正品。其中,编号为S1的大接骨丹叶采自贵州省都匀市杉木湖(经度107°30'52.33",纬度26°15'46.16",海拔807 m),采集时间为2020年8月;编号为S2-S10的大接骨丹叶采自贵州省都匀市经济开发区大坪镇(经度107°38'33",纬度26°13'46",海拔675 m),采集时间为2020年3月至12月。金丝桃苷标准品(批号为CHB180214,纯度≥98%),异槲皮苷标准品(批号为CHB180628,纯度≥98%),均购自成都克洛玛生物科技有限公司;乙腈(色谱纯,天津科密欧化学试剂有限公司);无水乙醇(分析纯,成都金山化学试剂有限公司);其他试剂均为分析纯,水为娃哈哈纯净水。

2 方法与结果

2.1 色谱条件

色谱柱:Agela Promosil® C₁₈柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm);流动相:0.2%磷酸溶液(A)-乙腈(B),梯度洗脱(0~20 min时10%B→13%B,20~25 min时13%B→19%B,25~40 min时19%B→25%B,40~50 min时25%B→45%B,50~65 min时45%B→70%B,65~65.1 min时70%B→10%B,65.1~70 min时10%B);流速:1.0 mL/min;检测波长:210 nm;柱温:35℃;进样量:10 μL。

2.2 溶液制备

分别取金丝桃苷、异槲皮苷标准品各适量,精密称

定,置25 mL容量瓶中,加75%甲醇溶解并定容,摇匀,即得金丝桃苷、异槲皮苷质量浓度分别为0.052 1, 0.053 6 mg/mL的混合对照品溶液。

取58℃烘干大接骨丹叶(编号为S1-S10)0.5 kg,参考文献[13]对样品进行处理,即得大接骨丹叶干膏粉。取干膏粉0.5 g,精密称定,置100 mL容量瓶中,加适量70%乙醇超声(功率为500 W,频率为40 kHz)处理5 min使溶解,再加70%乙醇定容,摇匀,用0.45 μm微孔滤膜滤过,即得大接骨丹叶醇提取物。

2.3 方法学考察

精密度试验:取同一份样品(编号为S1)醇提取物,按2.1项下色谱条件连续进样测定6次,以峰4为参比峰^[13],分别计算11个共有峰的相对保留时间和相对峰面积。结果的RSD分别为0.08%~0.29%(n=6)和0.76%~2.08%(n=6),表明仪器精密度良好。

重复性试验:取同一份样品(编号为S1)醇提取物适量,共6份,按2.1项下色谱条件进样测定,以峰4为参比峰^[13],分别计算11个共有峰的相对保留时间和相对峰面积。结果的RSD分别为0.11%~0.83%(n=6)和1.03%~2.95%(n=6),表明方法重复性良好。

稳定性试验:取同一份样品(编号为S1)醇提取物,分别于室温放置0,2,4,6,12,18 h时按2.1项下色谱条件进样测定,以峰4为参比峰^[13],分别计算11个共有峰的相对保留时间和相对峰面积。结果的RSD分别为0.02%~0.67%(n=6)和2.04%~2.88%(n=6),表明供试品溶液在室温下放置18 h内稳定性良好。

2.4 HPLC指纹图谱建立与分析

指纹图谱建立:将大接骨丹叶醇提取物(编号为S1-S10)及金丝桃苷和异槲皮苷混合对照品溶液HPLC AIA格式分别导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统2004A版。将S1作为参照图谱(R),采用中位数作为对照图谱生成方法,默认时间窗宽度为0.1 min,构建大接骨丹叶醇提取物的HPLC指纹图谱,并进行相似度评价。结果共确定11个共有峰,详见图1和图2。通过标准品对照,指认峰4为金丝桃苷,峰5为异槲皮苷,详见图3。以峰4为参比峰^[7],分别计算得到11个共有峰与峰4相对保留时间和相对峰面积的RSD。结果分别见表1和表2。

相似度评价:通过中药色谱指纹图谱相似度评价系统2004A版对10批大接骨丹叶醇提取物进行相似度评价,结果相似度为0.980~0.999,表明大接骨丹叶醇提取物间成分种类相似度较高,70%醇提取物质量整体稳定、可控。详见表3。

聚类分析:以大接骨丹叶醇提取物(编号为S1-S10)的11个共有峰面积为变量,导入SPSS 18.0统计学软件,采用质心聚类法,以平方Euclidean距离为测量度对

其进行系统聚类分析,结果见图4。可见,当平方Euclidean距离为25时,大接骨丹叶醇提取物可分为2类,其中S1单独聚为一类,S2-S10聚为第二类。聚类分析与样本采集地密切吻合,表明大接骨丹叶醇提取物受样本采集地点影响相对较大,受土壤、阳光、温度、海拔等影响,不同生长环境对其质量与二次代谢产物的积累产生了一定影响。

主成分分析:将大接骨丹叶醇提取物(编号为S1-

S10)的11个共有峰的峰面积作为变量,导入SPSS 18.0统计学软件,参考文献[13],以主成分特征值(λ)与方差贡献率作为提取主成分的筛选指标,进行主成分分析。以 $\lambda > 1$ 为提取标准,结果共得到2个主成分,其中第一主成分 λ 为6.989,方差贡献率为63.533%,贡献最大;第二主成分 λ 为2.545,方差贡献率为23.141%,贡献次之。2个主成分累计方差贡献率达86.674%,表明筛选得到的2个主成分涵盖了大接骨丹叶醇提取物HPLC

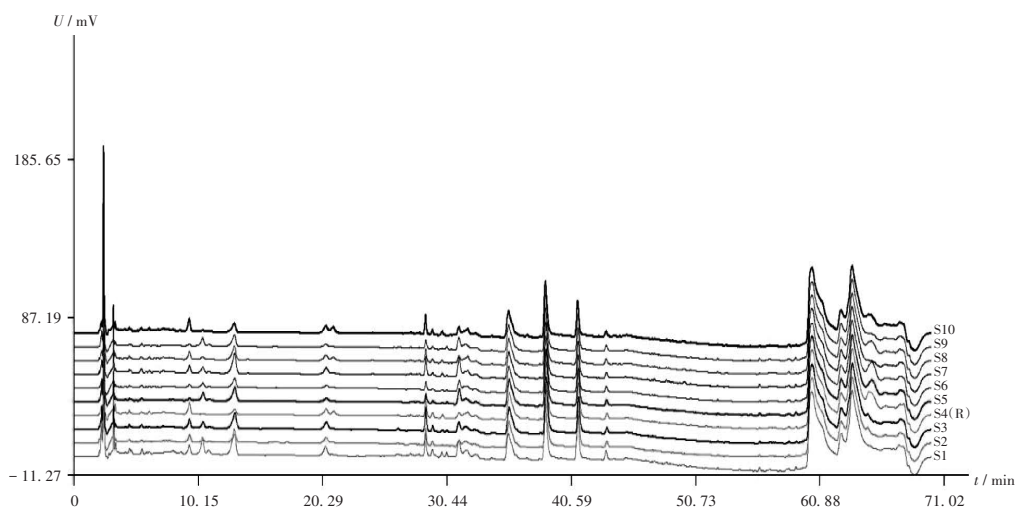


图1 10批大接骨丹叶醇提取物高效液相色谱叠加指纹图谱

Fig. 1 HPLC superimposed fingerprints of ethanol extract from 10 batches of *Toricelliae Intermediae Folium*

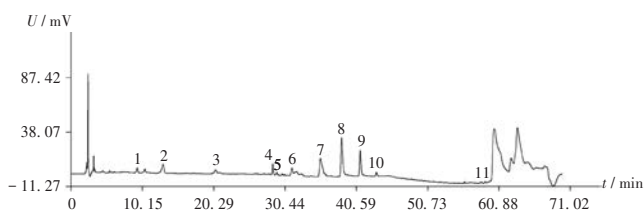
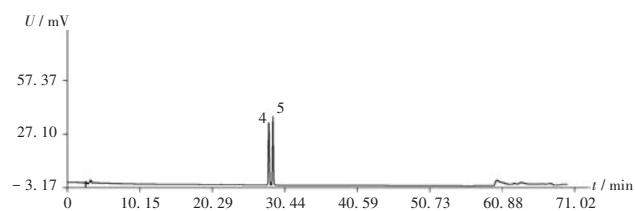


图2 大接骨丹叶醇提取物(编号为S4)高效液相色谱对照指纹图谱

Fig. 2 HPLC reference fingerprint of ethanol extract from *Toricelliae Intermediae Folium* (S4)



4. 金丝桃苷 5. 异槲皮苷

图3 混合对照品溶液高效液相色谱图

4. Hyperoside 5. Isoquercitrin

Fig. 3 HPLC chromatogram of the mixed reference solution

表1 10批大接骨丹叶醇提取物共有峰的相对保留时间

Tab. 1 Relative retention time of common peaks in 10 batches of ethanol extract from *Toricelliae Intermediae Folium*

编号	1	2	3	4(R)	5	6	7	8	9	10	11
S1	0.328 2	0.456 0	0.715 5	1.000 0	1.019 3	1.094 8	1.235 4	1.340 3	1.432 4	1.512 7	2.032 4
S2	0.328 7	0.457 2	0.716 6	1.000 0	1.019 2	1.094 1	1.236 5	1.341 7	1.433 5	1.514 0	2.031 8
S3	0.328 5	0.457 4	0.717 3	1.000 0	1.019 3	1.093 7	1.236 8	1.341 9	1.434 0	1.514 4	2.032 0
S4	0.328 1	0.456 9	0.716 2	1.000 0	1.019 2	1.094 4	1.237 0	1.341 9	1.434 0	1.514 5	2.031 1
S5	0.328 6	0.456 9	0.717 1	1.000 0	1.019 4	1.094 4	1.236 2	1.341 0	1.432 9	1.513 0	2.030 8
S6	0.328 5	0.456 6	0.717 5	1.000 0	1.019 1	1.094 3	1.235 7	1.340 6	1.432 0	1.512 2	2.030 7
S7	0.328 3	0.456 6	0.716 8	1.000 0	1.019 1	1.094 5	1.201 1	1.341 1	1.432 7	1.512 8	2.031 1
S8	0.328 2	0.456 0	0.716 1	1.000 0	1.019 1	1.094 2	1.235 7	1.340 4	1.432 1	1.512 4	2.031 3
S9	0.328 1	0.455 8	0.715 9	1.000 0	1.019 4	1.094 0	1.235 3	1.340 3	1.432 2	1.512 4	2.031 2
S10	0.328 0	0.455 8	0.716 2	1.000 0	1.019 1	1.094 3	1.235 6	1.340 4	1.431 9	1.512 2	2.031 6
\bar{x}	0.328 3	0.456 5	0.716 5	1.000 0	1.019 2	1.094 3	1.232 5	1.341 0	1.432 8	1.513 1	2.031 4
RSD(%)	0.07	0.13	0.09	0.00	0.01	0.03	0.90	0.05	0.06	0.06	0.03

表2 10批大接骨丹叶醇提取物共有峰的相对峰面积

Tab.2 Relative peak area of common peaks of 10 batches of ethanol extract from *Toricelliae Intermediae Folium*

编号	1	2	3	4(R)	5	6	7	8	9	10	11
S1	0.558 9	2.465 1	0.772 5	1.000 0	0.439 7	0.986 2	2.670 3	4.833 2	2.853 2	0.511 2	0.167 8
S2	0.624 1	1.086 4	0.658 4	1.000 0	0.295 2	0.380 1	4.887 9	6.362 1	3.434 1	0.450 4	0.143 6
S3	0.549 1	1.632 5	0.668 6	1.000 0	0.289 1	0.538 1	3.458 5	4.690 8	2.524 2	0.318 1	0.113 5
S4	0.809 8	0.639 0	0.563 8	1.000 0	0.272 2	0.260 2	3.883 0	5.198 8	2.825 8	0.366 3	0.139 7
S5	0.381 0	3.358 4	0.649 3	1.000 0	0.362 0	2.580 9	8.559 3	11.317 7	6.183 1	0.774 2	0.320 9
S6	0.424 1	2.420 4	0.658 4	1.000 0	0.274 4	1.389 5	9.121 6	12.105 5	6.586 5	0.833 3	0.292 6
S7	0.519 9	2.354 8	0.649 9	1.000 0	0.234 8	1.182 5	4.082 3	5.459 4	2.933 0	0.371 0	0.169 2
S8	0.865 4	2.429 7	0.739 6	1.000 0	0.303 7	0.514 3	5.779 9	8.050 4	4.399 7	0.568 2	0.171 3
S9	0.283 7	2.892 7	0.565 9	1.000 0	0.371 1	1.547 8	8.781 0	11.593 9	6.315 1	0.798 7	0.328 6
S10	0.943 4	1.070 0	0.535 3	1.000 0	0.270 3	0.429 2	3.887 6	5.377 6	2.917 7	0.376 3	0.114 2
\bar{X}	0.595 9	2.034 9	0.646 2	1.000 0	0.311 2	0.980 9	5.511 1	7.498 9	4.097 2	0.536 8	0.196 1
RSD(%)	36.35	43.40	11.65	0.00	19.71	73.58	44.07	40.52	40.17	36.85	43.01

表3 10批大接骨丹叶醇提取物指纹图谱相似度评价结果

Tab.3 Similarity evaluation results of 10 batches of ethanol extract from *Toricelliae Intermediae Folium*

编号	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	R
S1	1.000	0.990	0.994	0.977	0.991	0.983	0.995	0.992	0.993	0.987	0.993
S2	0.990	1.000	0.999	0.978	0.995	0.984	0.998	0.996	0.986	0.984	0.999
S3	0.994	0.999	1.000	0.978	0.997	0.982	0.999	0.997	0.985	0.985	0.999
S4	0.977	0.978	0.978	1.000	0.974	0.970	0.977	0.976	0.981	0.994	0.980
S5	0.991	0.995	0.997	0.974	1.000	0.988	0.995	0.999	0.983	0.983	0.996
S6	0.983	0.984	0.982	0.970	0.988	1.000	0.984	0.987	0.985	0.975	0.985
S7	0.995	0.998	0.999	0.977	0.995	0.984	1.000	0.996	0.988	0.984	0.999
S8	0.992	0.996	0.997	0.976	0.999	0.987	0.996	1.000	0.983	0.986	0.997
S9	0.993	0.986	0.985	0.981	0.983	0.985	0.988	0.983	1.000	0.988	0.989
S10	0.987	0.984	0.985	0.994	0.983	0.975	0.984	0.986	0.988	1.000	0.987
R	0.993	0.999	0.999	0.980	0.996	0.985	0.999	0.997	0.989	0.987	1.000

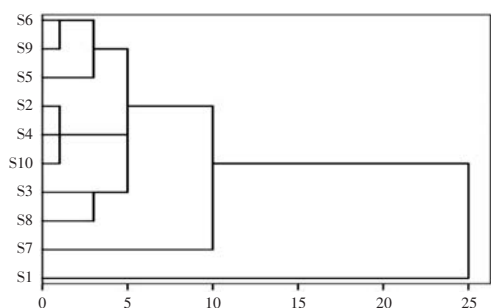


图4 大接骨丹叶醇提取物聚类树状图

Fig.4 Dendrogram of ethanol extract from *Toricelliae Intermediae Folium*

指纹图谱的大部分共有峰所代表的成分信息, HPLC 指纹图谱筛选的共有峰可代表大接骨丹叶醇提取物的整体成分信息。由图5可知, 通过主成分分析提取的2个主成分可代表大接骨丹叶醇提取物的整体成分信息。由旋转成分矩阵分析(表4)和载荷图(图6)可知, 峰11, 9, 8, 2, 10, 6, 7在主成分1上的载荷绝对值最大; 峰1, 4(金丝桃苷)、3, 5(异槲皮苷)在主成分2上的载荷绝对值最大。

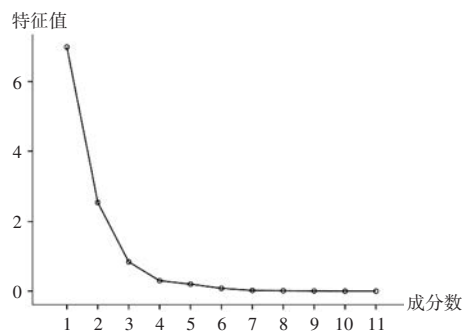


图5 大接骨丹叶醇提取物成分碎石图

Fig.5 Scree plot of components in ethanol extract from *Toricelliae Intermediae Folium*

3 讨论

3.1 指纹图谱研究

在后期开展中药、民族药综合利用相关研究时, 根据其所含化学成分, 尤其是有效成分的极性, 通常会选用水或一定体积分数的乙醇作为提取溶剂。本研究中结合大接骨丹叶所含化学成分, 参考文献[4-19],

表4 旋转成分矩阵

Tab. 4 Rotating component matrix

峰号	主成分1	主成分2	峰号	主成分1	主成分2
11	0.903	-0.006	7	-0.767	-0.495
9	0.877	0.350	1	-0.202	0.934
8	0.874	0.412	4	0.182	0.919
2	0.855	0.147	3	0.418	0.849
10	0.839	0.425	5	0.601	0.781
6	0.803	-0.346			

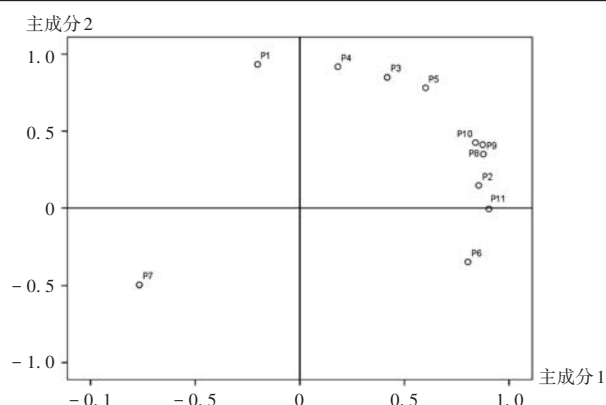


图6 旋转成分载荷图

Fig. 6 Loading plot of rotating component

以70%乙醇作为提取溶剂,并采用减压干燥后的干膏粉制备供试品溶液,符合医药工业生产实际。试验中构建了10批大接骨丹叶醇提物的HPLC指纹图谱^[21-22],确定了11个共有峰,相似度为0.980~0.999,可聚为2类。

3.2 评价结果分析

通过指纹图谱技术筛选出的共有峰能否成为代表药材整体成分的信息库,是评价指纹图谱技术成功与否的关键指标之一。本研究中通过主成分分析,共得到2个主成分,其方差贡献率分别为63.533%和23.141%,累计方差贡献率达86.674%。试验结果表明,HPLC指纹图谱筛选的共有峰可代表大接骨丹叶醇取物的整体成分信息。

3.3 方法评价

本研究中建立的大接骨丹叶醇提物HPLC指纹图谱简便、稳定、可靠、科学,可用于大接骨丹叶醇提物及相关产品的质量控制与评价。

参考文献

[1] 贵州省药品监督管理局. 贵州省中药材、民族药材质量标准[M]. 贵阳:贵州科技出版社,2003:107.
[2] 湖北省卫生局. 湖北中草药志(二)[M]. 武汉:湖北人民出版社,1982:677.
[3] 贵阳中医学院. 中华本草:苗药卷[M]. 贵阳:贵州科技出版社,2005:164.
[4] 韩忠耀,宋伟,李燕,等. 黔产大接骨丹药材不同用药

部位中紫丁香苷和总黄酮含量的经时变化特征分析[J]. 中国药房,2020,31(17):2124-2128.

[5] 韩忠耀,向军,陈建宇,等. 不同产地水冬瓜叶 HPLC 指纹图谱建立、化学模式识别分析及含量测定[J]. 中国药房,2021,32(10):1224-1229.
[6] 韩忠耀,余跃生,魏学军,等. 苗药大接骨丹根皮药材高效液相色谱指纹图谱研究[J]. 中国医院药学杂志,2017,37(2):126-129.
[7] 韩忠耀,张涛,李燕,等. 不同采收期大接骨丹 HPLC 指纹图谱建立及化学模式识别[J]. 中成药,2021,43(2):547-551.
[8] 韩忠耀,曹芳,江品良,等. 基于 HPLC 指纹图谱和化学模式识别法评价不同采收期大接骨丹树皮药材质量[J]. 理化检验:化学分册,2021,57(3):204-209.
[9] 张锦文,郭洁茹,唐菲,等. 大接骨丹化学成分研究[J]. 中药材,2010,33(11):1725-1727.
[10] 韩忠耀,胡恩明,邓先扩,等. 基于 HPLC-HESI-HRMS 的水冬瓜根皮化学成分分析[J]. 食品工业科技,2021,42(17):16-23.
[11] 吴少华,马云保,罗晓东,等. 大接骨丹的化学成分[J]. 云南植物研究,2000,25(2):214-218.
[12] HAN ZY, ZHOU FJ, GUO YQ, et al. Chemical constituents isolated from the leaves of *Toricellia angulata* Oliv. var. *intermedia* (Harms.) Hu[J]. Nat Prod Comm,2021,16(10):1-6.
[13] 韩忠耀,张涛,黄春丽,等. 不同采收期水冬瓜叶的主成分分析及抗炎镇痛谱效关系研究[J]. 化学试剂,2022,44(3):442-449.
[14] 涂念. 大接骨丹免疫调节活性成分研究[D]. 武汉:华中科技大学,2009.
[15] 韩忠耀,余跃生,袁开伦,等. 基于信息熵赋权法优化苗药大接骨丹根皮药材提取工艺[J]. 中药材,2019,42(2):390-392.
[16] 韩忠耀,余跃生,董海平,等. 声光可调滤光器-近红外光谱法快速测定苗药大接骨丹根皮药材中总黄酮和浸出物的含量[J]. 理化检验:化学分册,2019,55(6):668-671.
[17] 韩忠耀,陈健,宋伟,等. 近红外技术快速测定水冬瓜根皮中紫丁香苷含量[J]. 食品工业,2021,42(5):429-432.
[18] 韩忠耀,王朝旭,李燕,等. 基于近红外光谱法建立的模型快速预测苗药水冬瓜叶中金丝桃苷和异槲皮苷[J]. 理化检验:化学分册,2021,57(11):1011-1016.
[19] 陈华栋,张锦文,张勇慧. 大接骨丹干燥树皮抗炎镇痛活性有效部位筛选[J]. 海峡药学,2012,24(2):29-30.
[20] 韩忠耀,王传明,宋伟,等. 大接骨丹叶的生药学及其近红外快速鉴别技术研究[J]. 林产工业,2021,58(4):59-63.
[21] 韩忠耀,张涛,宋义勇,等. 不同采收期水冬瓜叶 HPLC 指纹图谱研究及质量标志物预测分析[J]. 中国测试,2022,48(7):60-66.
[22] 吴长辉. 灵芝超微粉高效液相色谱特征指纹图谱研究[J]. 中国药业,2022,31(18):79-82.

(收稿日期:2022-09-29;修回日期:2023-03-13)